



**Le commerce international comme stratégie  
d'adaptation à la rareté des ressources hydriques ?  
Utilité et application du concept de " commerce d'eau  
virtuelle " en Afrique du Nord.**

Nathalie Rousset

► **To cite this version:**

Nathalie Rousset. Le commerce international comme stratégie d'adaptation à la rareté des ressources hydriques ? Utilité et application du concept de " commerce d'eau virtuelle " en Afrique du Nord.. Enjeux économiques, sociaux et environnementaux de la libéralisation commerciale des pays du Maghreb et du Proche-Orient colloque international, Oct 2007, Rabat, Maroc. halshs-00187914

**HAL Id: halshs-00187914**

**<https://shs.hal.science/halshs-00187914>**

Submitted on 15 Nov 2007

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



LABORATOIRE D'ECONOMIE DE LA PRODUCTION  
ET DE L'INTEGRATION INTERNATIONALE

UMR 5252 CNRS - UPMF

---

## ***NOTE DE TRAVAIL***

**N° 24/2007**

**Le commerce international  
comme stratégie d'adaptation à la rareté des  
ressources hydriques ?**

**Utilité et application du concept de « commerce d'eau  
virtuelle » en Afrique du Nord**

**Nathalie Rousset**

**septembre 2007**



# **Le commerce international comme stratégie d'adaptation à la rareté des ressources hydriques ?**

## ***Utilité et application du concept de « commerce d'eau virtuelle » en Afrique du Nord***

Nathalie Rousset, 15/09/2007

LEPIL, Université de Grenoble, CNRS ; BP 47, 38040 Grenoble cedex 9, France  
nathalie.rousset@upmf-grenoble.fr

### **Résumé :**

*Les perspectives sur le changement climatique amplifient les risques déjà lourds qui pèsent sur les ressources hydriques et les capacités agricoles au sud de la Méditerranée. Ce papier analyse la portée méthodologique du concept de « commerce d'eau virtuelle » en quantifiant le contenu en eau du commerce international des produits agricoles des pays d'Afrique du Nord. Il montre aussi sa pertinence en tant qu'outil stratégique susceptible de structurer les stratégies d'adaptation à la rareté croissante de l'eau et les politiques commerciales dans la région.*

**Mots-clés :** *changement climatique, stratégies d'adaptation, ressources hydriques, agriculture, commerce d'eau virtuelle, Afrique du Nord*

### **Introduction**

La question de l'eau en Afrique du Nord est un enjeu majeur pour le développement durable de la région, et les usages agricoles de la ressource sont au centre de la problématique. L'équilibre déjà rompu entre les disponibilités hydriques et les besoins agricoles doit s'amplifier durant les prochaines décennies. Les perspectives sur le changement climatique et la démographie montrent en effet que les besoins alimentaires et hydriques seront croissants dans la région, alors que les ressources en eau et les rendements agricoles seront plus restreints que prévu.

Face aux difficultés croissantes de l'agriculture et aux risques de tentatives d'intensification de l'irrigation pour pallier la diminution des rendements céréaliers, l'objectif de cette communication est de poser la question du rôle du « commerce international d'eau virtuelle » dans la définition des stratégies d'adaptation au changement climatique et à la rareté structurelle de l'eau en Afrique du Nord. Ce concept introduit par Allan au début des années 1990, qui décrit les volumes d'eau incorporés dans la production des biens échangés sur les marchés internationaux, a surtout été développé dans une perspective géopolitique, pour caractériser la gestion des risques de conflits internationaux sur la ressource au Moyen-Orient notamment. Notre objectif est de dépasser cette approche pour analyser la dimension économique de ce concept et examiner sa pertinence en tant qu'instrument de gestion des déficits hydriques et d'amélioration de l'efficacité des usages des ressources domestiques. En filigrane, il s'agit de discuter ses implications dans la définition des stratégies commerciales des pays limités par leurs dotations hydriques dans le contexte du processus de libéralisation des échanges.

On montre ainsi que cet outil est déjà incontournable pour pallier les déficits structurellement croissants des productions céréalières. Au-delà de la dimension incompressible des besoins d'importations alimentaires et de l'utilisation *ad hoc* de l'eau virtuelle pour les pourvoir, l'utilisation stratégique de cet instrument par le déplacement des capacités d'irrigation allouées aux céréales vers des cultures à haute valeur ajoutée, l'industrie et le tourisme, et l'importation des produits alimentaires de base, pourrait être une mesure holistique de gestion de la rareté, compatible avec le développement économique.

Dans ce contexte, la première partie de cette communication met en relief les risques d'impacts du changement climatique sur les ressources hydriques et les rendements agricoles en Afrique du Nord et pose la question du développement de stratégies d'importation d'eau virtuelle comme alternative à l'intensification des usages céréaliers de l'eau. Une seconde partie aborde la dimension méthodologique de ce concept, et propose une quantification des volumes d'eau virtuelle importés par l'Egypte, l'Algérie et le Maroc pour montrer l'importance déjà palpable du commerce d'eau virtuelle pour pallier les déficits hydriques. Au-delà de l'ampleur des volumes d'eau virtuelle qui devront être importés d'ici 2020, la troisième partie discute des opportunités et des risques d'une utilisation stratégique de cet outil dans les pays d'Afrique du Nord pour remodeler l'allocation sectorielle des ressources domestiques. Les conditions propices à l'utilisation de cet instrument et les moyens de sa mise en œuvre doivent en particulier être analysés dans le contexte de la globalisation et des négociations sur la libéralisation du commerce agricole.

## 1 – L'eau et l'agriculture au défi du changement climatique en Afrique du Nord

### 1- 1 Prospectives sur les impacts du changement climatique

L'agriculture en Afrique du Nord comporte des paysages diversifiés mais qui ont pour caractéristiques communes d'être, à des degrés divers, limités par les ressources hydriques, et de présenter une grande vulnérabilité à la variabilité climatique. Le modèle MAGICC (Hulme et al, 2000), centré sur la région, estime un réchauffement de l'ordre de 1°C entre 2000 et 2020 et une perturbation des régimes pluviométriques, avec une tendance à la baisse de l'ordre de 5 à 10 %. D'ici 2050, les températures pourraient augmenter de 3°C et les précipitations diminuer de 10 à 30 %. Des changements dans les moyennes, mêmes faibles, impliquent une augmentation de la fréquence des extrêmes climatiques (Katz et Brown, 1992). Le risque principal concerne alors une probable augmentation de la fréquence et de l'intensité des sécheresses, auxquelles les systèmes hydriques et agricoles sont particulièrement sensibles. Les conditions climatiques défavorables de ces dernières décennies pourraient ainsi devenir progressivement la norme au sud de la Méditerranée, entraînant des risques considérables pour l'agriculture.

En Afrique du Nord, la gestion de l'eau est un problème récurrent et qui conditionne l'avenir de la région. La forte sensibilité des bassins hydrologiques à de faibles écarts climatiques implique que les volumes d'eau mobilisables seront fortement touchés par la diminution du ruissellement (Agoumi et al., 1999 ; PNUD-FEM, 1998). Pour les bassins versants marocains, les modèles hydrologiques anticipent une réduction des écoulements de surface de 10 à 15 % pour un réchauffement de 1°C et une baisse de la pluviométrie comprise entre 0 et 5 % (Senouci, 2002). En Algérie, les projections des déficits des apports en eaux superficielles s'élèvent à 15 et 30 % pour des scénarios de réchauffement de 0,5 et 1°C et de réduction des précipitations de 10 et 15 % (Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement. Algérie, 2001). En Egypte, c'est l'augmentation de l'évaporation et les intrusions salines dans les nappes phréatiques du delta du Nil qui sont principalement en jeu. Au regard des estimations des besoins sectoriels, le changement climatique pourrait placer les pays d'Afrique du Nord dans une situation inconfortable puisque les volumes mobilisables seraient à la limite des besoins, voire déficitaires en Algérie et en Egypte d'ici 2020.

Si l'augmentation de la teneur en CO<sub>2</sub> de l'atmosphère pourrait augmenter la productivité de certaines cultures, cet effet sera contrecarré par l'accentuation d'une dynamique déjà engagée d'accroissement des déficits hydriques subis par l'agriculture. Les modèles agroclimatiques prévoient que la combinaison de ressources en eau et en sols plus limitées entraînera une baisse des rendements des principales cultures en Afrique du Nord (Rozenzweig et Tubiello, 1997).

Au Maroc, le modèle CropWat (FAO, 2001) appliqué aux céréales anticipe des rendements en baisse de 10 % en année normale à près de 50 % en année sèche à l'horizon 2020. Avec une fréquence des sécheresses d'une année sur trois, la production nationale accuserait une baisse de 30 %. L'Algérie et l'Egypte anticipent de leur côté des réductions moyennes de rendement de 10 et 20 % respectivement. Le changement climatique touchera aussi fortement les légumes dont la productivité diminuerait de 15 à 30 % en Algérie et de près de 40 % au Maroc et en Egypte d'ici 2030 (Bindi et Moriondo, 2005). La remontée vers le nord des climats méditerranéens pourrait également impacter les cultures d'exportation par ses effets sur les potentiels des pays européens. Les cultures typiquement méditerranéennes comme les olives ou les agrumes pourraient progressivement s'installer dans de vastes régions d'Europe du Sud et le maraîchage s'intensifier, grevant ainsi le développement de l'agriculture d'exportation d'Afrique du Nord (Le Houérou, 1992).

Du point de vue alimentaire, les résultats des projections agricoles montrent un déficit croissant entre les besoins en céréales estimés par les programmes de sécurité alimentaire et les potentiels agricoles des pays de la région. Le changement climatique va donc accélérer une tendance déjà évidente d'augmentation structurelle de la dépendance aux importations pour satisfaire les besoins alimentaires en Afrique du Nord (Hervieu, 2006).

Les rendements céréaliers sont vulnérables à des variations moyennes du climat. Mais les risques, en particulier à court et moyen terme, dépendent surtout des effets du changements climatique sur les événements climatiques extrêmes (Pielke, 2005). L'accentuation attendue des sécheresses est donc centrale, d'autant que la sensibilité de la production céréalière à la variabilité des précipitations est déjà manifeste au Maghreb. L'intensification notable des fluctuations de la production enregistrée depuis la fin des années 1980 en réponse à la baisse tendancielle des précipitations et à l'augmentation des

sécheresses peut servir d'analogie pour fournir une image claire des risques futurs du changement climatique. La question n'est pas tant de savoir dans quelle mesure ces tendances sont le résultat du changement climatique, que d'anticiper l'ampleur de la vulnérabilité hydrique et agricole de la région si ces conditions se généralisent comme les modèles le prévoient.

Surtout, la vulnérabilité de la production céréalière aux variations du climat et des disponibilités hydriques se traduit par des épisodes de contraction et d'expansion de l'activité, aux effets macroéconomiques élevés et déstabilisateurs. Les impacts des fluctuations agricoles sur le PIB, l'emploi et les chocs qu'elles génèrent en terme de recours aux importations céréalières, sont particulièrement dommageables au développement économique de la région (Yang et Zehnder, 2003). La vulnérabilité macroéconomique à la variabilité du climat est donc un aspect majeur dans l'anticipation des risques agricoles liés au changement climatique si l'occurrence et l'intensité des sécheresses s'accroissent.

## **1- 2 Stratégies d'adaptation à la rareté de la ressource**

Le changement climatique va exacerber des risques existants de désertification, de pression sur les ressources hydriques et d'une production agricole en difficulté au sud de la Méditerranée. Si la réduction mondiale des émissions de gaz à effet de serre peut limiter l'ampleur du changement climatique à long terme, le développement de stratégies d'adaptation est une voie incontournable pour réduire les dommages attendus dès le court terme (Pielke, 1998). Pour les secteurs hydriques et agricoles d'Afrique du Nord, particulièrement vulnérables à de faibles variations climatiques, l'adaptation à la rareté croissante de la ressource est un enjeu à ne pas négliger, d'autant que différentes options réduiraient les dommages agricoles du changement climatique tout en limitant les impacts déjà coûteux des sécheresses.

La plupart des mesures d'adaptation qui réduiraient les impacts sur les rendements céréaliers mettent en jeu les ressources hydriques, secteur transversal des possibilités de l'activité économique et véritable clé de voûte des performances de l'agriculture. En effet, si certaines options concernent directement les pratiques culturales, comme la refonte progressive des calendriers agricoles traditionnels, la réduction de la vulnérabilité passe avant tout par l'augmentation de l'irrigation et l'arbitrage entre l'intensification de l'offre dans les zones déjà irriguées et l'extension du réseau pour fournir une irrigation de complément durant les périodes sèches.

Il s'agit donc d'accélérer la mobilisation de nouvelles ressources pour l'agriculture, d'abord conventionnelles par la construction de barrages, mais surtout de développer les capacités en eaux non conventionnelles, notamment par le dessalement de l'eau de mer pour l'approvisionnement des villes côtières et la redistribution de l'eau des barrages vers les cultures, et également par l'amélioration de la réutilisation des eaux usées pour satisfaire les besoins agricoles et industriels. Au-delà de ces options d'offre, l'utilisation efficace et raisonnée de l'eau sera probablement le principal gisement qu'il sera possible de dégager pour les besoins des cultures (Benblidia et al, 1997). L'utilisation de techniques optimales d'irrigation économiserait notamment 10 à 20 % de la dotation hydrique de l'agriculture. Dans l'industrie, le recyclage réduirait fortement la demande, et l'amélioration des réseaux d'adduction permettrait des économies importantes sur les besoins des ménages. Dans ce contexte, la tarification des usages inciterait les acteurs à maîtriser leur consommation et à utiliser des techniques économes.

Le principal vecteur de dégradation des rendements agricoles concernant l'approfondissement des déficits hydriques, l'adaptation passe essentiellement par l'accroissement des ressources en eau mises à la disposition de l'agriculture, que ce soit par la mobilisation de nouvelles ressources, ou par des économies dans les différents secteurs consommateurs. Cette stratégie d'adaptation à la rareté met cependant en question les difficultés et les risques d'une intensification des usages agricoles de l'eau. Dans le contexte de la croissance démographique et des perspectives de développement économique dans lequel s'inscrit le changement climatique, tous les secteurs verront leurs besoins s'accroître. On peut donc se demander dans quelle mesure la redistribution intersectorielle de l'eau sera suffisante pour satisfaire les besoins des cultures, pour quelle efficacité, et pour combien de temps ?

Les efforts en faveur de l'agriculture impliquent une concentration sectorielle des usages hydriques. Si ce secteur ne génère que 15 % du PIB en moyenne et ne permet de satisfaire qu'une part très faible des besoins céréaliers algériens et en chute au Maroc, elle absorbe déjà 65 et 85 % des eaux mobilisées. En dépit de l'ampleur des investissements dans l'irrigation et du poids des usages agricoles de l'eau, à l'exception de l'Egypte où la quasi-totalité des terres arables est irriguée, la couverture reste faible et n'atteint que 13 % au Maroc et seulement 7 % en Algérie. L'efficacité d'efforts croissants pour améliorer l'accès à l'eau de l'agriculture et la durabilité de cette stratégie posent question en Afrique du Nord

puisque cette option ne permettra pas d'enrayer la dépendance structurelle aux importations céréalières et pourrait être rapidement limitée par l'évolution des ressources hydriques mobilisables. D'un point de vue économique, le poids des usages agricoles de l'eau est également un enjeu sensible dans la mesure où il peut constituer un handicap au développement de l'industrie et du tourisme.

Les conflits intersectoriels déjà intenses sur les ressources et les prévisions d'évolution des disponibilités et des besoins montrent que les possibilités d'étendre l'irrigation seront très limitées dans la région (Margat et Vallée, 1999). L'intensification des sécheresses et des déficits hydriques place les usages agricoles de l'eau sous une pression croissante et on s'attend à ce que l'augmentation de la compétition entre les usages alternatifs conduise à des transferts des dotations agricoles vers les secteurs industriels, municipaux et touristiques (Yang et Zehnder, 2002). La production céréalière, déjà parfois sacrifiée pour satisfaire l'alimentation en eau potable des zones urbaines lors des grandes sécheresses, restera donc essentiellement pluviale au Maghreb. En Egypte également, il sera difficile de maintenir le niveau élevé des dotations en irrigation.

Une autre stratégie consisterait à prendre acte de l'inadaptabilité croissante de l'agriculture à l'environnement bioclimatique et du coût pour les autres secteurs, d'une fuite en avant que constituerait une tentative d'intensification des usages agricoles de l'eau pour pallier l'accélération des difficultés. Dans ce contexte, l'adaptation à la rareté croissante pourrait viser à favoriser des activités moins dépendantes aux ressources hydriques et à importer les produits intensifs en eau comme les céréales, pour réduire la vulnérabilité de l'économie aux variations du climat et maximiser l'efficacité des usages de la ressource. Dans la région Moyen Orient et Afrique du Nord (MOAN), le commerce international de produits agricoles se profile comme une stratégie d'allègement de la contrainte hydrique, alternative aux tentatives d'intensification de l'irrigation.

L'importation de produits intensifs en eau permet d'importer de « l'eau virtuelle », définie par Allan (1996) comme les volumes nécessaires à la production des biens importés et ainsi incorporés dans les échanges internationaux. Dans son analyse, ce concept décrit les opportunités du recours au commerce international pour satisfaire les besoins alimentaires des pays limités par les disponibilités hydriques. La définition de stratégies d'importation d'eau virtuelle permettrait aussi de préserver la ressource pour des usages plus productifs, que ce soit à l'intérieur du secteur agricole, en déplaçant les usages de l'eau de la production céréalière vers des cultures d'exportation à haute valeur ajoutée, ou en favorisant plus généralement l'industrie et le tourisme au détriment de l'agriculture.

L'efficacité de l'utilisation des ressources hydriques peut traditionnellement être améliorée au niveau microéconomique, où la tarification et la promotion de technologies économes ont un rôle clé à jouer, et au niveau du bassin hydrographique dans les choix d'allocation sectorielle de la ressource. Le commerce international de l'eau virtuelle pourrait devenir un outil pertinent pour améliorer l'efficacité dans les usages de l'eau au niveau international et remodeler les termes de l'allocation sectorielle de la ressource au niveau domestique (Hoekstra et Hung, 2005). L'opportunité de ce troisième niveau de gestion des ressources hydriques dans les pays où elle est rare reste cependant encore peu étudiée. Ce concept, qui combine des ingrédients agronomiques à travers les besoins hydriques des cultures, et économiques avec l'intégration implicite des coûts d'opportunité de la ressource, pourrait néanmoins gagner de l'importance avec la prise en considération des risques croissants du changement climatique.

Le commerce d'eau virtuelle apparaît donc comme une source alternative d'eau, dont l'utilisation stratégique pourrait devenir un outil attractif pour améliorer la sécurité hydrique et l'efficacité dans l'utilisation de l'eau dans les pays d'Afrique du Nord face au changement climatique. En dépit du poids de l'irrigation, cet outil est déjà largement utilisé pour pallier les déficits structurels et la variabilité de la production céréalière dans la région. Au-delà de l'utilisation *ad hoc* de cet instrument, c'est la question de l'opportunité d'une utilisation pro-active de cette stratégie qui est donc en jeu ici.

## **2 – La mesure du commerce d'eau virtuelle en Afrique du Nord**

Le concept de commerce d'eau virtuelle est basé sur l'idée que les pays disposant de ressources hydriques limitées vont importer de manière croissante les produits agricoles à fort contenu en eau de régions plus favorablement dotées. En tant qu'outil méthodologique, ce concept est utilisé ici pour évaluer l'importance du contenu en eau des importations céréalières des pays d'Afrique du Nord et montrer qu'il constitue une réalité déjà significative. L'eau virtuelle est définie comme la quantité d'eau incorporée dans le processus productif et contenue dans le produit échangé. Le passage à une définition plus quantitative, qui permette de mesurer les flux associés au commerce agricole, voit deux approches se dessiner. La première reflète le point de vue traditionnel de l'offre et analyse les volumes d'eau engagés dans le processus productif du pays exportateur, la seconde se base sur les conditions de

production du pays importateur pour estimer les volumes de ressources hydriques domestiques économisés par les importations de produits intensifs en eau. Cette seconde optique reflète ainsi plus étroitement l'angle de vue des pays subissant des déficits hydriques structurels dans la définition des stratégies alimentaires et de gestion des ressources en eau.

## 2- 1 De la quantification des volumes d'eau virtuelle échangés ...

La mesure traditionnelle de l'eau virtuelle, et c'est la méthode suivie par Hoekstra et Hung (2002), consiste à évaluer le volume d'eau utilisé pour la production du bien importé, selon l'origine des importations. Pour les produits agricoles, ce volume dépend essentiellement du lieu et du moment de la croissance des cultures et de l'efficacité hydrique dans le processus productif du pays exportateur. D'après leurs calculs, le volume d'eau virtuelle échangé au niveau international sous forme de produits agricoles atteignait  $695 \text{ Gm}^3$  par an entre 1995 et 1999, dont près de 70 % concentrés par les produits agricoles et 30 % pour les seuls échanges de blé. Les comparaisons internationales sont révélatrices de la situation dans la région MOAN puisque si elle ne représente que 5 % de la population mondiale, elle concentre néanmoins près de 25 % des importations mondiales d'eau virtuelle sous forme de céréales (Brown et Halweil, 1998). Les pays d'Afrique du Nord sont également parmi les pays ayant les plus fortes importations d'eau virtuelle contenue dans les produits agricoles.

Pour affiner et actualiser l'analyse des pays d'Afrique du Nord, on a calculé les importations d'eau virtuelle de l'Algérie, du Maroc et de l'Egypte entre 1997 et 2005 en se focalisant sur les importations de blé, principale céréale importée et apport nutritionnel essentiel dans les régimes alimentaires. La méthodologie consiste à évaluer les volumes d'eau importés virtuellement en se basant sur les quantités consommées selon l'origine de la production. Les calculs se fondent sur les bases de données sur les échanges internationaux de produits agricoles de la FAO (FAOSTAT), et sur les besoins spécifiques en eau par pays et par tonne de blé produite déterminés par Hoekstra et Hung (2002), sur la base de la méthode développée par Allen et al. (1998) et des résultats du modèle CropWat.

Les résultats sont reportés dans le tableau 1. L'importance des volumes d'eau cumulés importés virtuellement par ces pays par le seul biais du commerce du blé, avoisinant les  $150 \text{ Gm}^3$  sur la période, est le premier aspect qui se dégage. Les contrastes régionaux sont cependant significatifs. L'Egypte occupe systématiquement le haut du tableau puisqu'elle cumule les plus fortes importations de blé en volume et l'intensité hydrique des importations la plus élevée. L'analyse des conditions de production des partenaires commerciaux de l'Egypte montre que  $1475 \text{ m}^3$  d'eau sont utilisés en moyenne pour chaque tonne de blé importée, soit un contenu 30 % supérieur à ce que l'on observe dans le cas marocain. L'Egypte représente ainsi près de la moitié des importations d'eau virtuelle de la région avec des volumes moyens de l'ordre de 7 700 millions de  $\text{m}^3$  par an.

**Tableau 1 : Importations d'eau virtuelle sous forme de blé entre 1997 et 2005**

	Volume cumulé sur la période (millions de $\text{m}^3$ )	Volume annuel moyen (millions de $\text{m}^3$ )	Intensité hydrique moyenne ( $\text{m}^3/\text{tonne}$ )
<b>Egypte</b>	69 280	7 698	1 475
<b>Algérie</b>	52 492	5 832	1 230
<b>Maroc</b>	28 164	3 129	1 133
<b>Total</b>	149 946	16 660	1280

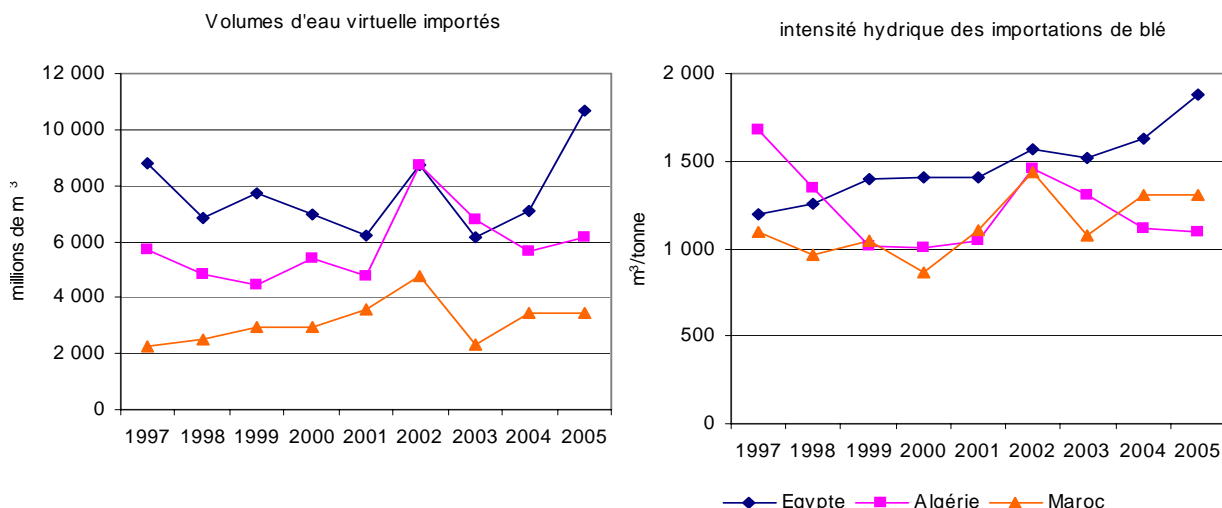
L'évolution des volumes importés représentée par le graphique 1 montre une relative stabilité entre 1997 et 2005, avec une tendance générale à la hausse. Des pics annuels importants sont cependant à noter, en particulier depuis 2001. En 2002 par exemple les volumes ont augmenté de 83 % en Algérie, et de 41 et 33 % en Egypte et au Maroc. Les importations d'eau virtuelle sont ainsi directement connectées aux déficits de production céréalière dus aux fluctuations climatiques et aux sécheresses.

L'Egypte et l'Algérie enregistrent de manière tendancielle les volumes d'eau virtuelle importés les plus élevés, et depuis 2000 en particulier, l'Algérie suit de près les tendances égyptiennes. En particulier, les écarts entre les importations d'eau virtuelle de ces deux pays traduisent essentiellement les différences d'intensité hydrique de la production de leurs fournisseurs respectifs. Le Maroc reste systématiquement



largement en dessous des niveaux atteints par ces pays mais marque cependant la plus forte croissance sur la période, avec une hausse des importations d'eau virtuelle de 55 %, contre 21 % en Egypte, qui observe pourtant la croissance la plus marquée de l'intensité hydrique des importations. En Algérie la progression n'a été que de 9 %, car l'augmentation massive des besoins en blé a été compensée par une forte réduction de leur intensité en eau.

**Graphique 1 : Evolution des volumes d'eau virtuelle importés sous forme de blé entre 1997 et 2005**



L'évaluation du contenu en eau des importations agricoles selon l'origine des importations informe sur les volumes d'eau virtuelle effectivement échangés et se prête bien aux comparaisons internationales. Mais pour les pays importateurs, surtout lorsqu'ils sont limités par les ressources hydriques domestiques, les enjeux stratégiques des importations d'eau virtuelle dépendent moins des conditions qui prévalent dans les pays exportateurs que de leurs propres contraintes hydriques et des volumes de ressources domestiques qu'elles permettent d'économiser.

## 2-2 ... à l'évaluation des ressources hydriques économisées en Afrique du Nord

En adoptant le point de vue du consommateur plutôt que celui du producteur, l'eau virtuelle traduit les volumes qui auraient été nécessaires pour produire les céréales importées là où elles sont consommées. Cette approche traduit ainsi plus fidèlement le concept même de « commerce d'eau virtuelle » puisque « *c'est justement dans le passage du site de production au site de consommation que l'eau abandonne son statut réel pour son statut virtuel* » (Renault, 2003, p.79). Pour les pays importateurs limités par leurs dotations hydriques, la valeur de l'eau virtuelle incorporée dans les importations de blé n'est pas directement connectée aux conditions d'utilisation de la ressource des pays fournisseurs, mais traduit plus précisément les quantités qui auraient dû être mobilisées sur place pour satisfaire les besoins alimentaires.

Cette définition marque un avancement dans l'analyse du coût d'opportunité des usages agricoles de l'eau puisqu'en quantifiant les importations d'eau virtuelle comme les volumes économisés par les importations de céréales étant donné les conditions climatiques, hydriques et d'efficacité de l'utilisation de la ressource qui prévalent au niveau domestique, les résultats reflètent plus systématiquement l'insuffisance structurelle de l'eau là où la question de produire ou d'importer les céréales se pose. Elle confère ainsi une position centrale à ce concept dans l'analyse des stratégies commerciales des pays où l'eau est rare. Les différences entre les volumes estimés par ces deux approches traduisent, dans une optique d'efficacité globale dans l'utilisation agricole de l'eau, les volumes économisés au niveau mondial par la localisation de la production céréalière dans les pays qui présentent une productivité de l'usage de la ressource supérieure au pays importateur.

Les résultats des calculs des volumes d'eau importés basés sur les besoins spécifiques de la production de blé des pays importateurs sont résumés dans le tableau et le graphique 2. Ils dépeignent un tableau éloigné de ceux fondés sur les conditions d'offre. Les volumes en jeu sont en effet sensiblement augmentés et les situations relatives des pays de la région inversées.

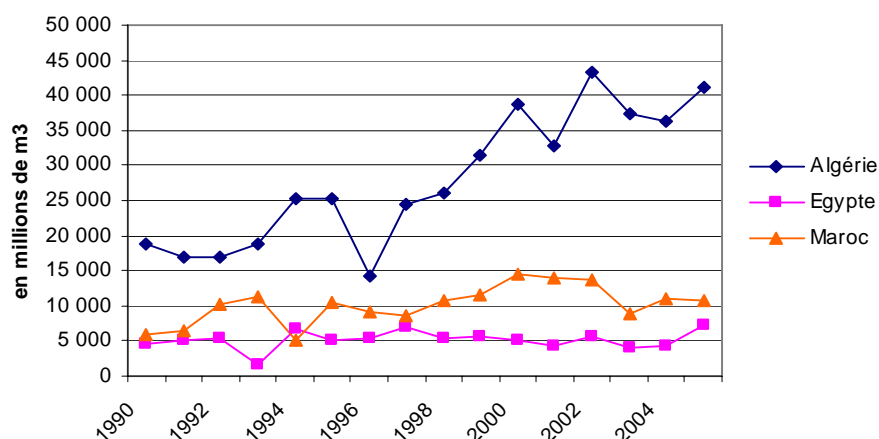
Entre 1997 et 2005, le commerce international du blé a permis d'économiser plus de 464 Gm<sup>3</sup> d'eau sur les ressources de la région, soit près de 52 Gm<sup>3</sup> par an. Les volumes en jeu pour les pays importateurs sont donc trois fois plus importants que ceux réellement importés, et ce résultat cache des contrastes régionaux très marqués. Les volumes d'eau virtuelle importés par l'Egypte sont en effet très inférieurs à ceux de l'Algérie en particulier, et dans une moindre mesure à ceux du Maroc. Si tous les pays de la région enregistrent de fortes progressions des importations d'eau virtuelle sur la période, les écarts se sont creusés puisque la hausse approche 120 % en Algérie, contre 80 et 65 % respectivement au Maroc et en Egypte.

**Tableau 2 : Importations d'eau virtuelle sous forme de blé entre 1997 et 2005, selon les volumes économisés**

	Volume cumulé sur la période (millions de m <sup>3</sup> )	Volume annuel moyen (millions de m <sup>3</sup> )	Intensité hydrique moyenne (m <sup>3</sup> /tonne)
<b>Egypte</b>	48 753	5 417	1 005
<b>Algérie</b>	311 690	34 632	7 222
<b>Maroc</b>	103 765	11 529	3 134
<b>Total</b>	464 208	51 579	4120

Pour l'Algérie, les ressources hydriques économisées sont démultipliées par rapport aux estimations précédentes et excèdent très largement les niveaux marocains et égyptiens. Le commerce international du blé apparaît ici comme un mode d'approvisionnement en eau essentiel en représentant un apport de près de 35 Gm<sup>3</sup> par an, soit quatre fois plus que du point de vue de l'offre. Cet écart traduit l'important différentiel entre l'intensité hydrique de la production de blé algérienne, supérieure à 7 200 m<sup>3</sup> par tonne produite, et la situation de ses principaux fournisseurs. Les importations de blé de l'Algérie participent ainsi fortement à l'efficacité globale dans l'utilisation de la ressource puisqu'elles permettent d'économiser plus de 29 Gm<sup>3</sup> d'eau par an au niveau global. Son poids se mesure également au niveau régional puisque c'est près de 70 % des volumes d'eau économisés dans la région qui s'y concentre.

**Graphique 2 : Evolution des volumes d'eau virtuelle économisés entre 1997 et 2005 par les importations de blé**



En Egypte, les résultats sont inversés par rapport aux estimations précédentes. C'est en effet le pays de la région qui importe le plus massivement de l'eau sous forme de blé du point de vue de la production, mais est également celui qui en économise très largement le moins. En important du blé de régions présentant une intensité hydrique supérieure aux conditions domestiques, les importations d'eau virtuelle lui permettent d'économiser en moyenne 5 400 millions de m<sup>3</sup> par an, mais résulte au niveau global en une perte sèche de 2 500 millions de m<sup>3</sup>. Le commerce du blé conduit donc à des économies d'eau largement moindres que chez ses voisins et qui se traduisent par une réduction de l'efficacité globale de l'utilisation de la ressource<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> En 2003 par exemple, l'analyse des relations commerciales bilatérales montre que les importations égyptiennes en provenance de la France ont permis une économie nette sur l'utilisation des ressources hydriques de 430 millions de m<sup>3</sup> d'eau, alors que les volumes importés des Etats-Unis et de la Russie se sont traduits par des pertes sèches de 1 665 millions de m<sup>3</sup>.

Dans le cas égyptien, la gestion des modes d'utilisation de l'eau présente cependant un fort contenu géopolitique puisque les ressources hydriques sont quasi exclusivement dépendantes de ressources extérieures dont les volumes annuels sont fixés. Face aux faibles opportunités d'augmenter les disponibilités et l'irrigation, les importations de blé lui permettent de faire face à la rigidité absolue d'une ressource déjà surexploitée et d'économiser chaque année près de 10 % sur les volumes alloués par l'accord de partage avec le Soudan, pour un investissement de 750 millions US\$/an (FAOSTAT).

La comparaison de la nature des ressources hydriques investies dans l'agriculture, c'est-à-dire des apports relatifs des précipitations et de l'irrigation, affine ce résultat et relativise les écarts avec l'Algérie. Les importations égyptiennes de blé permettent d'économiser de l'eau d'irrigation puisque la production domestique dépend totalement des apports du Nil, alors qu'une part importante des besoins en eau des cultures est fournie par les précipitations chez ses fournisseurs. L'« eau bleue », c'est-à-dire l'eau d'irrigation, et l'« eau verte », issue des précipitations, diffèrent fondamentalement en terme de possibilité d'utilisation alternative et donc de coût d'opportunité (Falkenmark, 1995), puisque seule la seconde peut être réallouée à d'autres usages productifs lorsque la production domestique est remplacée par des importations. Dans l'optique de l'analyse de l'opportunité d'une utilisation stratégique du commerce d'eau virtuelle pour gérer la rareté croissante de la ressource dans la région, l'évaluation des volumes d'eau économisés par les importations de blé serait donc fortement améliorée par la distinction des apports relatifs de l'eau bleue et de l'eau verte dans la production agricole.

La quantification des ressources hydriques économisées par le commerce des céréales traduit bien l'importance stratégique du commerce d'eau virtuelle dans la région car les volumes en jeu pourraient difficilement être substitués par des ressources domestiques. Le commerce international du blé joue ainsi un rôle crucial dans la redistribution internationale de l'eau et apparaît comme un moyen structurellement incontournable pour substituer les besoins hydriques nationaux et atteindre la sécurité alimentaire dans la région (Allen 1996 ; Yang et Zehnder, 2002). L'Algérie et l'Egypte en particulier mettent déjà en œuvre des stratégies *ad hoc* d'importation d'eau virtuelle pour pallier l'insuffisance des ressources disponibles. Avec l'augmentation attendue des déficits hydriques, les besoins d'importation de produits alimentaires vont s'intensifier, posant ainsi la question de l'opportunité d'une utilisation stratégique de cet instrument pour gérer les ressources domestiques en Afrique du Nord.

### **3 – L'importation d'eau virtuelle comme stratégie d'adaptation à la rareté structurelle de l'eau ?**

Le concept de commerce d'eau virtuelle a permis le développement d'un outil méthodologique pertinent pour mettre en évidence l'ampleur des volumes d'eau contenus dans les importations de blé d'Afrique du Nord, et caractériser les situations contrastées de la région. Les estimations des volumes économisés illustrent bien le poids structurel des importations d'eau virtuelle pour la sécurité alimentaire et la gestion des déficits hydriques des pays limités par les ressources domestiques. Le commerce d'eau virtuelle, « économiquement invisible et politiquement silencieux » (Allan, 2001) est donc une réalité palpable dans les pays d'Afrique du Nord pour répondre à des contraintes internes fortes. Ces résultats poussent à dépasser la dimension méthodologique de ce concept pour analyser sa pertinence en tant qu'outil stratégique, qui pourrait structurer les politiques commerciales et agricoles dans les régions où l'eau est rare. Dans de nombreux pays de la région MOAN, cette hypothèse est déjà inévitable au regard des perspectives sur les besoins céréaliers et les capacités agricoles. Mais l'analyse des stratégies de commerce d'eau virtuelle comme outil d'adaptation à la rareté croissante de l'eau nécessite d'aller au-delà des besoins incompressibles d'importation d'eau virtuelle, pour évaluer la pertinence de ce concept comme vecteur potentiel d'un remodelage de l'allocation sectorielle de l'eau dans le contexte de la globalisation et des négociations commerciales.

#### **3.1 Prospective sur les importations d'eau virtuelle**

A l'horizon 2020, les besoins céréaliers vont profondément s'amplifier avec la croissance démographique, en Algérie en particulier, qui doit enregistrer une hausse de la demande de plus de 60 %, mais également en Egypte et au Maroc où les besoins augmenteront respectivement de 45 et 40 % (Yang et Zehnder, 2002). Le poids des importations dans l'offre céréalière est déterminant en Afrique du Nord, malgré les contrastes qui caractérisent la région. En supposant une stabilité dans cette composition de l'offre d'ici 2020, les volumes importés seront dominés par les besoins égyptiens qui avoisineront 14 millions de tonnes par an, pour des volumes de l'ordre de 10 et 6 millions de tonnes en Algérie et au Maroc.

Dans ce contexte, les importations de blé permettront d'économiser plus de 105 Gm<sup>3</sup> par an dans la région, dont 72 Gm<sup>3</sup> en Algérie, soit un doublement par rapport au début des années 2000. Aussi élevées soient-elles, ces projections sous-estiment probablement l'ampleur future de la dépendance céréalière et hydrique, puisqu'à l'exception de l'Égypte, tous les pays de la région voient leurs taux d'autosuffisance chuter depuis 20 ans. Avec l'intensification du stress hydrique générée par le changement climatique, les productions domestiques seront de plus en plus sous pression et verront leur capacité à répondre aux besoins croissants des populations se réduire. En Égypte, si les résultats de la dernière décennie ont été impressionnants, le maintien d'une telle courbe de progression est improbable étant donné les contraintes croissantes imposées par l'eau et les terres arables disponibles.

L'articulation quantitative entre les disponibilités hydriques et les importations de céréales est pertinente pour anticiper l'évolution de l'importance du commerce international dans les apports céréaliers de la région. Les résultats de Yang et al (2003), basés sur les données des ressources hydriques renouvelables et des importations de céréales des pays d'Afrique et d'Asie, mettent en évidence une relation exponentielle entre la faiblesse des dotations hydriques et les importations céréalières par tête. Ils estiment en effet un seuil de 1 500 m<sup>3</sup>/an/hab. en dessous duquel les importations de céréales par tête croissent de manière exponentielle.

En incluant d'autres facteurs comme le PIB et les ressources en terres arables, la relation est encore plus significative et décrit bien l'évolution en Afrique du Nord, qui voit simultanément les disponibilités en eau décroître avec la progression démographique, l'importation de volumes croissants de céréales, et une hausse sensible de la part des besoins alimentaires satisfaite par les importations. À l'horizon 2030, on s'attend donc à ce que la chute des disponibilités hydriques causée par les tendances démographiques et intensifiée par le changement climatique accélère une dynamique en cours d'augmentation des importations de céréales pour satisfaire les besoins alimentaires de la région.

### **3.2 Des besoins incompressibles aux stratégies d'allocation des ressources disponibles**

La définition de politiques d'importation d'eau virtuelle dans les pays d'Afrique du Nord est un outil incontournable de gestion des besoins céréaliers futurs. Elle nécessite cependant de distinguer les enjeux de natures différentes posés d'un côté par les quantités d'eau virtuelle incompressibles, qu'il faudra nécessairement importer face à l'insuffisance absolue des ressources hydriques domestiques, et d'un autre côté les stratégies d'allocation intersectorielle des ressources disponibles.

Le premier volet a une signification plutôt géopolitique puisqu'il s'agit d'utiliser le commerce international pour faire face à l'impossibilité de satisfaire les besoins par les productions domestiques. Du point de vue céréalière, les pays d'Afrique du Nord sont entrés dans une dynamique malthusienne où l'eau mobilisable est insuffisante pour assurer les besoins alimentaires de populations en forte croissance (Allan, 1996). Dans ce sens, le faible poids du blé dans les importations alimentaires en valeur et les substitutions importantes que permettent ces importations en terme de demande en eau, suggèrent que l'importation des céréales est un moyen de gestion de la rareté de l'eau économiquement viable dans la région. Les stratégies d'importation d'eau virtuelle pourraient alors consister à promouvoir une configuration des accords commerciaux et des partenariats qui sécurise ces apports alimentaires.

À un second niveau, c'est l'efficacité dans l'utilisation sectorielle de l'eau disponible qui est posée. Ce second volet des enjeux des stratégies d'importation d'eau virtuelle aborde la dimension économique de la question, en tant qu'application de la théorie des avantages comparatifs, avec un regard particulier sur les ressources hydriques facteur clé de la production agricole. Si les importations de produits intensifs en eau en provenance des régions où la ressource est relativement abondante permettent une économie nette sur les usages de l'eau au niveau global et une meilleure efficacité dans la localisation des productions, du point de vue domestique, les importations d'eau virtuelle peuvent devenir, au-delà d'une nécessité alimentaire, un outil dans l'allocation sectorielle efficace des dotations hydriques.

L'analyse du coût d'opportunité des usages agricoles de la ressource, i.e. la valeur des usages domestiques alternatifs, est une composante clé des perspectives ouvertes par le concept « d'eau virtuelle » pour l'évaluation des choix entre production et recours au commerce international, et des décisions d'allocation sectorielle de l'eau. Le commerce international pourrait être utilisé pour préserver des ressources domestiques rares consommées par des productions intensives en eau pour les affecter à des usages plus productifs et maximiser l'efficacité des usages de la ressource. Des économies supplémentaires sur l'irrigation céréalière permettraient d'allouer les ressources vers d'autres cultures à plus forte valeur ajoutée, et d'autres secteurs comme l'industrie et le tourisme.

Ces deux problématiques s'imbriquent dans les pays d'Afrique du Nord où l'insuffisance de la ressource obligera à importer de plus en plus massivement de l'eau virtuelle sous forme de céréales, mais posent en même temps la question de la place de la production céréalière domestique qui, si elle ne participe qu'à une part relativement faible et décroissante des besoins alimentaires nationaux, concentre néanmoins une part importante des ressources hydriques disponibles. Si le commerce d'eau virtuelle a jusqu'à présent été utilisé comme une variable d'ajustement pour pallier les déficits structurels de la production alimentaire et les fluctuations interannuelles, il pourrait donc devenir plus généralement un outil stratégique dans l'utilisation et l'allocation des ressources hydriques domestiques rares. Dans ce contexte, l'analyse serait améliorée par l'intégration des apports de la théorie des avantages comparatifs et on se focalisera ici sur le cas des substitutions intra-agricoles potentielles en Afrique du Nord.

### **3.3 Apports de la théorie des avantages comparatifs**

Les produits alimentaires de base sont généralement disponibles sur les marchés internationaux à des prix inférieurs aux coûts de production des pays subissant des déficits hydriques sévères (Allan 1996 ; El-Nasser, 2005). Il pourrait donc être rationnel de déplacer les moyens de production de la filière céréalière vers d'autres cultures à haute valeur ajoutée, et d'augmenter les importations de céréales.

En Afrique du Nord force est de constater, en dépit de certains encouragements en faveur de ce type de substitution et du renforcement de ce mouvement causé par l'aggravation des déficits hydriques, que l'on n'observe pas de substitution majeure entre les surfaces dédiées aux cultures céréalières et non céréalières (Yang et Zehnder, 2002). Les fortes fluctuations annuelles des surfaces en céréales, en Algérie et au Maroc en particulier, comparées à la stabilité des surfaces occupées par les productions non céréalières, montrent cependant qu'un déplacement de la production des aliments de base vers d'autres cultures est en marche en Afrique du Nord, dans un sens plus qualitatif que quantitatif, où l'accès à l'eau est un facteur clé pour absorber les impacts de la variabilité climatique.

La question de la valeur économique qui pourrait être générée en substituant plus massivement les productions céréalières domestiques par des importations et en réallouant l'eau à d'autres cultures reste peu explorée en dépit de son importance pour la définition des stratégies commerciales et de développement économique. La décision de produire ou d'importer de l'eau virtuelle ne dépend cependant pas seulement des dotations hydriques absolues. Ainsi, étendre la discussion sur les stratégies de commerce d'eau virtuelle en incorporant une analyse des avantages comparatifs des filières agricoles alternatives, nécessite d'intégrer toutes les ressources productives rares au-delà de l'eau, et d'autres objectifs que la gestion efficace de ce facteur. Pour les pays d'Afrique du Nord, l'analyse serait améliorée par l'intégration des ressources en terres arables et en travail, et par la prise en compte dans la fonction objectif de la nécessité d'une croissance de l'économie et de l'emploi.

Dans le cas égyptien, Wichelns et al. (2001) montrent que la situation de l'emploi dans les zones rurales est souvent plus contraignante à moyen terme que les ressources hydriques, étant donné le chômage chronique qui sévit et la pression démographique sur le marché du travail. L'analyse des contenus relatifs en facteurs des cultures confirme la forte intensité en eau et en terres arables du blé, du maïs et surtout du riz, production essentiellement tournée vers l'exportation. La culture du coton présente quant à elle des besoins hydriques fortement inférieurs au riz, ainsi qu'un contenu en travail et une valeur ajoutée à l'hectare supérieurs à ce que l'on observe pour les cultures céréalières. La promotion des exportations de coton au détriment du riz serait ainsi bénéfique du point de vue de l'emploi et de l'utilisation des ressources hydriques. Favoriser la production de tomates améliorerait également les opportunités d'emploi à un coût en eau raisonnable. Ces résultats sont cohérents avec l'analyse de Greenaway et al. (1994) qui montre que l'Egypte devrait importer du blé et du maïs, et se spécialiser d'avantage dans les exportations de coton, de fruits et de légumes.

La stabilisation des importations et la croissance de la production de blé et de maïs enregistrées en Egypte durant les années 1990, résultat de programmes d'incitations et d'attribution de terres, se sont réalisées au détriment de la production de coton, traditionnellement importante dans le commerce international, dont les volumes produits et exportés se sont effondrés. Les investissements massifs dans l'irrigation pour augmenter la production alimentaire domestique caractérisent la stratégie égyptienne face à l'augmentation de la dépendance extérieure mais traduisent aussi une forme de « maladaptation » à la rareté relative croissante de l'eau, également dommageable à l'objectif de croissance de l'emploi. La promotion des cultures de coton, de fruits et de légumes au détriment du riz, du blé et du maïs améliorerait en effet les revenus, les opportunités d'emplois en zone rurale et la sécurité alimentaire, tout en incitant à une utilisation plus efficace des ressources hydriques, adaptée aux risques posés par la croissance démographique et le changement climatique.

Pour l'Algérie et le Maroc, l'évaluation du coût d'opportunité de l'utilisation sectorielle de l'eau oblige à prendre en compte la dualité du secteur agricole, avec d'un côté les cultures céréalières pluviales et d'un autre les domaines irrigués, pour bien distinguer l'eau verte de l'eau bleue qui pourrait être économisée pour être réallouée. Dans le nord de ces pays, il pourrait être stratégique de substituer des cultures fruitières et maraîchères tournées vers l'exportation aux productions céréalières irriguées et d'importer plus massivement les produits alimentaires de base.

L'amélioration de l'intégration du coût d'opportunité de l'utilisation des ressources dans les choix de production des cultures alternatives apparaît donc comme un outil pertinent des stratégies d'adaptation à la rareté de l'eau et qui participe simultanément à d'autres objectifs de développement plus immédiats.

### **3.4 Conditions et moyens d'un développement de stratégies d'importation d'eau virtuelle**

L'objectif des stratégies de commerce d'eau virtuelle est de compenser les déficits hydriques locaux par un déplacement géographique de la production agricole et un déplacement sectoriel des usages domestiques de l'eau. Elles pourraient se révéler propices dans les pays d'Afrique du Nord pour améliorer l'efficacité des usages de la ressource et participer au développement économique. La promotion de cultures à haute valeur ajoutée et surtout la diversification de l'économie vers l'industrie et les services, pourraient être une mesure holistique de gestion de la rareté de l'eau et des effets du changement climatique. Les conditions socioéconomiques favorables à l'utilisation stratégique de cet instrument et les moyens de sa mise en œuvre doivent cependant être analysés dans le contexte de la globalisation et des négociations sur la libéralisation du commerce agricole. Les conditions d'une compatibilité avec le cadre d'action de Gestion Intégrée des Ressources Hydriques qui structure la réflexion sur les politiques de l'eau depuis 15 ans sont également à considérer dans l'analyse de l'opportunité et des risques du développement stratégique du commerce d'eau virtuelle.

Différentes conditions sont à satisfaire pour que les stratégies de commerce d'eau virtuelle soient bénéfiques à l'économie dans son ensemble. Le corollaire est que cet outil ne peut être mis en œuvre de manière radicale, mais graduellement et plus ou moins partiellement, pour participer à la fois à la dimension environnementale, économique et sociale du développement durable (Horleman et Neubert, 2007). Cette stratégie appelle donc un timing complexe entre le soutien de la production céréalière à court terme et la réallocation progressive de l'eau vers les autres productions. Cinq critères principaux se dégagent pour déterminer le contexte plus ou moins approprié à l'utilisation de cet instrument.

Elle implique en particulier de pouvoir dégager les devises nécessaires à ces importations croissantes et s'adresse donc d'abord aux pays disposant de capacités d'exportation bien établies, comme les pays exportateurs de pétrole, ou capables de restructurer leurs secteurs d'exportation, notamment par la réallocation des ressources hydriques, vers des productions à haute valeur ajoutée et commercialisables sur les marchés internationaux. Les capacités d'absorption économiques et sociales des effets du commerce d'eau virtuelle, notamment une structure de l'économie qui offre des alternatives d'emploi et de revenus pour les agriculteurs concurrencés par le commerce d'eau virtuelle, constituent également un critère décisif pour l'introduction soutenable de cette stratégie (El-Nasser, 2005). Elle serait donc plus adaptée aux pays en voie d'industrialisation, à même de générer de nouvelles activités productives capables d'absorber une main d'œuvre importante et un exode rural qui serait une contrainte forte sans le développement d'un tissu d'entreprises dans les zones rurales en particulier.

Cette stratégie nécessite aussi des infrastructures de transport et un réseau de distribution de l'offre alimentaire adéquats dans les zones rurales. Dans la mesure où elle pourrait s'accompagner d'un processus de centralisation dans la distribution de l'offre alimentaire, elle augmente aussi le besoin d'une « bonne gouvernance » dans les pays concernés. Des institutions stables et des garde-fous au risque d'augmentation de la corruption et du clientélisme sont ainsi essentiels à son fonctionnement.

Enfin, dans de nombreux pays à revenus intermédiaires, de la région MOAN notamment, une importance sociopolitique majeure est assignée à l'agriculture, bien qu'elle nécessite d'importantes subventions et ne soit pas économiquement profitable. Le contexte politique est donc un aspect central. Quelle que soit l'opportunité potentielle du commerce d'eau virtuelle, les produits alimentaires de base continueront en effet à être produits domestiquement, autant que possible, tant que ces pays poursuivront l'objectif d'autosuffisance alimentaire. Au regard des degrés de dépendance aux importations qui prévalent déjà dans la région, les discussions sur l'opportunité stratégique de cet instrument ne concernent cependant pas l'établissement d'un nouveau mécanisme générateur d'une nouvelle dépendance, mais une augmentation incrémentale stratégique qui permettrait de dégager des ressources hydriques déterminantes pour les autres secteurs (Turton, 1999 ; Hoff et al., 2006).

Etant donné l'importance écrasante du secteur agricole dans les structures socioéconomiques, les faibles capacités d'adaptation et l'insuffisance des infrastructures et des institutions, la promotion de stratégies d'importation d'eau virtuelle ne serait probablement ni faisable ni désirable pour la plupart des pays d'Afrique sub-saharienne. Les conditions pourraient cependant être réunies pour les pays à revenu intermédiaires de la région MOAN, comme l'Egypte, la Jordanie, la péninsule Arabique, Israël, probablement l'Algérie et dans une certaine mesure la Tunisie et le Maroc (Allan, 2001).

Pour les pays d'Afrique du Nord, l'importation des céréales et la promotion de cultures à haute valeur ajoutée tournées vers l'exportation serait un ajustement stratégique de l'agriculture, même si l'analyse des stratégies de long terme de gestion de la rareté de l'eau suggère que les réelles opportunités se situent en dehors de l'agriculture. D'autres pays méditerranéens, comme Israël en particulier où les produits agricoles ne représentent plus qu'une faible part des échanges, ont déjà montré la possibilité d'une transition vers des économies de service intégrées à l'économie mondiale, couplée à l'importation des produits alimentaires de base et à la réallocation sectorielle de l'eau.

Le commerce d'eau virtuelle s'intègre par définition dans un contexte de globalisation des relations commerciales. Cette stratégie d'adaptation à la rareté de l'eau forme ainsi une part importante du débat sur les enjeux qui entourent la mondialisation dans le contexte des négociations sur la libéralisation des échanges. Dans le cadre de l'Euro-Méditerranée, « l'exception agricole » l'a jusqu'à présent emporté sur le partenariat, mais le processus semble être relancé depuis quelques années. Pour les pays d'Afrique du Nord, les stratégies de commerce d'eau virtuelle consisteraient d'abord à promouvoir une configuration des accords commerciaux et des partenariats qui facilite et sécurise l'offre alimentaire. Au-delà, les questions du rythme d'ouverture des marchés domestiques et de la promotion de conditions favorables à la diversification des exportations, sont centrales dans l'analyse des relations entre libéralisation commerciale et commerce d'eau virtuelle.

Une meilleure prise en compte des avantages comparatifs améliorerait l'emploi et la gestion des ressources hydriques, mais la libéralisation mal maîtrisée du commerce agricole et l'ouverture trop rapide des marchés domestiques pourraient être négatives pour le développement et l'environnement (Hervieu, 2006). La dualité de l'agriculture est un aspect sensible, au Maghreb en particulier, puisque la libéralisation affecterait surtout la multitude des exploitations familiales des régions intérieures, essentiellement tournées vers l'autoconsommation, et pratiquant une agriculture pluviale avec peu d'usages alternatifs de la ressource. Elle pourrait simultanément intensifier les usages agricoles de l'eau dans les grands périmètres irrigués du nord de la région (SIA-EMFTA, 2004).

L'analyse des dotations factorielles montre que les produits intensifs en eau bleue devraient être importés mais ce facteur apparaît rarement comme un élément structurant du commerce international puisqu'il n'est généralement pas rémunéré. L'intégration progressive du coût d'opportunité de l'eau dans les décisions de production et de commerce, notamment par la tarification des usages agricoles, est donc un préalable à l'ouverture des marchés. De ce point de vue, seule une stratégie d'ouverture progressive, dont le rythme serait conditionnel aux avancements dans la modification de la structure des incitations entre les filières alternatives, et qui accompagnerait les résultats dans la réallocation de l'eau des cultures céréalières irriguées vers des usages plus productifs, pourrait être compatible avec les objectifs qui sous-tendent le commerce d'eau virtuelle.

Le remodelage sectoriel de la production n'a cependant de sens que dans un contexte où les biens agricoles et industriels produits alternativement aux céréales sont commercialisables sur les marchés internationaux, et notamment si les conditions qui régissent le commerce sont favorables aux pays qui s'engageraient dans des stratégies de commerce d'eau virtuelle (Horlemann et Neubert, 2007). Dans le contexte actuel, l'augmentation et la diversification des exportations de produits agricoles et manufacturés à haute valeur ajoutée ne peuvent progresser que lentement en Afrique du Nord. Les barrières non tarifaires des pays du Nord représentent notamment souvent un obstacle majeur à la pénétration des marchés internationaux. Les stratégies de commerce d'eau virtuelle ne peuvent donc se révéler fructueuses que dans un contexte où les accords commerciaux permettent préalablement d'alléger ces mesures protectionnistes dommageables au développement durable de la région.

La concordance relative et les conflits potentiels avec les stratégies de Gestion Intégrées des Ressources Hydriques (GIRH) sont également un point de controverse majeur dans l'analyse de l'opportunité du développement stratégique du commerce d'eau virtuelle. Ce cadre d'action, institutionnalisé par les Principes de Dublin adoptés au Sommet de la Terre en 1992, et réaffirmé par les Forum Mondiaux de l'Eau successifs, met l'accent sur la gestion décentralisée de la demande comme moteur de l'adaptation à la rareté. Ce concept, rapidement devenu incontournable, structure la recherche sur les politiques de l'eau et les stratégies de réponse au défi hydrique.

Selon l'expression d'Allan, le commerce d'eau virtuelle est « *économiquement invisible et politiquement silencieux* » pour pallier la contradiction du principe d'autosuffisance alimentaire des pays contraints par les déficits hydriques. Le risque ici, c'est qu'il pourrait aussi devenir une tentation forte pour retarder des réformes essentielles pour améliorer l'utilisation soutenable des ressources et remettre en cause des pratiques inadaptées. En Afrique du Nord, les programmes de GIRH doivent rester centraux dans l'adaptation à la rareté pour cibler les causes institutionnelles et socioéconomiques des déficits hydriques, notamment dans l'agriculture.

Pour les politiques de l'eau, le commerce d'eau virtuelle serait donc dommageable en tant que stratégie commerciale séparée qui se substituerait aux efforts de gestion de la demande, et doit donc s'intégrer à ce cadre d'action et compléter ces efforts pour être opportun. Il serait donc compatible dans les pays d'Afrique du Nord, pour pallier les limites des stratégies de GIRH face aux déficits hydriques absolus, ou en remplaçant certaines cultures intensives en eau dans les zones agroécologiques inadaptées. Le commerce d'eau virtuelle pourrait également être synergique avec ce programme d'action en rendant obsolètes des investissements coûteux et insoutenables dans des infrastructures d'offre, comme le sont certains projets de barrages et de transferts d'eau sur de longues distances.

Une difficultés supplémentaire pour l'intégration de cette stratégie dans le cadre de GIRH reste cependant la contradiction entre des décisions de restriction des usages sectoriels de la ressource décidées centralement pour mettre en œuvre le commerce d'eau virtuelle et la promotion d'un cadre de gestion de l'eau décentralisé et participatif qui sous-tend la GIRH (Hummel, 2005). La compatibilité entre ces deux outils ne pourrait donc être permise que par une approche décentralisée du commerce d'eau virtuelle fondée sur des mesures qui favoriseraient l'intégration du coût d'opportunité de l'eau dans les décisions d'usages.

## Conclusion

Le commerce d'eau virtuelle est un concept pertinent pour analyser les enjeux majeurs qui lient, en Afrique du Nord, les stratégies d'adaptation à la rareté croissante de l'eau aux réflexions sur les opportunités et les risques de la globalisation. La quantification des volumes d'eau importés virtuellement par le biais du commerce du blé montre le caractère déjà incontournable, et amplifié par les effets attendus du changement climatique, de ce mode d'approvisionnement pour pallier les déficits hydriques. Au-delà de cette dimension incompressible des importations céréalières et de l'utilisation *ad hoc* du commerce d'eau virtuelle comme variable d'ajustement aux déficits structurels et aux fluctuations interannuelles de la production, l'utilisation stratégique de cet instrument pour remodeler l'allocation sectorielle de l'eau pourrait être une mesure holistique d'adaptation à la rareté, alternative aux tentatives d'intensification de l'irrigation des céréales. Si dans les pays d'Afrique du Nord, les conditions socioéconomiques pourraient être propices, la compatibilité relative avec la libéralisation du commerce est tributaire du rythme de l'ouverture des marchés agricoles domestiques comparé aux avancements dans la restructuration des choix de production domestiques et dans l'allègement des barrières commerciales des pays développés. Dans ce contexte, les pays industrialisés qui ont reconnu leur responsabilité historique dans le changement climatique, et qui se sont engagés à promouvoir l'adaptation et à participer à son financement dans les pays en développement vulnérables, ont un rôle important à jouer dans la promotion d'une configuration des accords commerciaux favorable à une transition vers des économies moins sensibles aux disponibilités hydriques et intégrées à l'économie mondiale dans les pays d'Afrique du Nord.

## Bibliographie

**Agoumi, A., Senoussi S., Yacoubi M., Fakhredine A., Sayouti E.H., Mokssit A., Chikri N., 1999**, Changements climatiques et ressources en eau, *Hydroécologie appliquée*, 12(11), pp. 163-182.

**Allan, J.A., 1996**, The political economy of water: reasons for optimism but long term caution, In : *Water, Peace and the Middle East : Negotiating resources in the Jordan basin*, Allan J.A. (ed.), Tauris Academic Studies, London

**Allan, J.A., 2001**, Virtual water: invisible solutions and second best policy outcomes in the MENA region, *International Water and Irrigation Journal*,

**Allan, J.A., 2003**, Virtual water - the water, food and trade nexus: useful concept or misleading metaphor?, *Water International*, 28, pp. 4-11.

**Allen, R.G., Pereira L.S., Raes D., Smith M., 1998**, Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements, FAO Irrigation and drainage Paper 56, FAO, Rome

**Benblidia, M., Margat J., Vallée D., 1997**, L'eau en région méditerranéenne, Plan Bleu, Sophia Antipolis



- Bindi, M., Moriondo M., 2005**, Impact of a 2°C global temperature rise on the Mediterranean region: Agriculture analysis assessment, In : C. Giannakopoulos, M. Bindi, M. Moriondo, P. Le Sager, & T. Tin, *Climate change impacts in the Mediterranean resulting from a 2°C global temperature rise*, WWF Report, pp. 54-66,
- Brown, L.R., Halweil B., 1998**, China's water shortage could shake world food security, *World Watch*, 11(04), pp. 10-21
- Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement. Algérie, 2001**, Elaboration de la stratégie et du plan d'action national des changements climatiques : communication nationale initiale [soumise à la CCNUCC]. Mars, 155 p. Version électronique disponible sur : <http://unfccc.int/resource/docs/natc/algnc1.pdf>
- El-Nasser, H., 2005**, Virtual water in the MENA region, Expert statement for the research project « Virtual Water – A realistic concept for resolving the water crises ? », German Development Institute (DIE), Bonn
- Falkenmark, M., 1995**, Coping with water scarcity under rapid population growth, Conference of SADC ministers, Pretoria, 22-24 November 1995
- FAO, 2001**, CropWat Model, version 7.0, <http://www.fao.org/ag/AGL/aglw/cropwat.stm>
- Greenaway, F., Hassan R., Reed G.V., 1994**, An empirical analyse of comparative advantage in Egyptian agriculture, *Applied Economics*, 26, pp. 649-657
- Hervieu B., 2006**, L'agriculture est un secteur stratégique en Méditerranée, Les Notes d'Analyse du CIHEAM, 18, 8 pp.
- Hummel D., 2005**, Water and food security : What are the demographic, institutional and socio-cultural conditions for virtual water trade ?, Expert statement for the research project « Virtual Water – A realistic concept for resolving the water crises ? », German Development Institute (DIE), Bonn
- Hoekstra, A.Y., Hung P.Q., 2002**, Virtual water trade – A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade, Value of Water Research Report Series No 11, IHE Delft, 66 pp.
- Hoekstra, A.Y., Hung P.Q., 2005**, Globalisation of water resources : international water flows in relation to crop trade, *Global Environmental Change*, 15, pp. 45-56.
- Hoff, H., El-Fadel M., Haddadin M., 2006**, Reply to the expert statement on political factors of virtual water trade by Hazim El-Nasser, Paper on behalf of German Development Institute (DIE), Bonn
- Horlemann, L., Neubert S., 2007**, Virtual water trade – A realistic concept for resolving water crisis?, German Development Institute Studies, 119 pp.
- Hulme, M, Wigley T.M.L., Barrow E.M., Raper S.C.B., Centella A., Smith S. and Chipanshi A.C., 2000**, Using a Climate Scenario Generator for Vulnerability and Adaptation Assessments: MAGICC and SCENGEN Version 2.4 Workbook, Climatic Research Unit, UEA, Norwich
- Katz, R.W., Brown B.J., 1992**, Extreme events in a changing climate, *Climatic Change*, 21, pp. 289-302
- Le Houérou, H.N., 1992**, Vegetation and land-use in the Mediterranean bassin by the year 2050 : A prospective study, In: L. Jętic, J.D Milliman, G. Sestini (eds), *Climatic Change and the Mediterranean*, Vol 1, Unep , pp. 175-232
- Margat, J., Vallée D, 1999**, Vision méditerranéenne sur l'eau, la population et l'environnement au XXIème siècle, Plan Bleu
- Pielke, J.R.A., 1998**, Rethinking the role of adaptation in climate policy, *Global Environmental Change*, 8(2), pp. 159-170
- Pielke, J.R.A., 2005**, Midefining « climate change » : Consequences for science and action, *Global Environmental Change*, 18(2), pp. 548-561
- PNUD-FEM, 1998**, Changements climatiques et ressources en eau dans les pays du Maghreb, Algérie – Maroc – Tunisie, Enjeux et perspectives, Projet RAB/94/G31
- Renault, D., 2003**, Value of virtual water in food : Principles and virtues, In : Hoekstra A.Y. (eds), *Virtual Water Trade – Proceedings of the international expert meeting on virtual water trade*, Value of water research report series No 12, February 2003, IHE Delft, pp. 77-91
- Rosensweig, C., Tubiello F.N., 1997**, Impacts of global climate change on Mediterranean : current methodologies and future directions, *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Climate Change*, 1, pp. 219- 232.
- Senouci, 2002**, Changement climatique et ressources en eau dans le bassin versant de l'Ouergha, Thèse de doctorat, Université Hassan II, Casablanca
- SIA-EMFTA, 2004**, Sustainability impact assessment study of the Euro-Mediterranean free trade area, Impact Assessment Research Centre, Institute for Development Policy and Management, University of Manchester, 115 pp.
- Turton, A.R, 1999**, Precipitation, people, pipelines and power: Toward a “virtual water” based political ecology discourse, MEWREW occasional paper, London
- UNFCCC, communication algérienne
- Wichelns, D., 2001**, The role of “virtual water” in efforts to achieve food security and other national goals, with an exemple from Egypt, *Agricultural Water Management*, 49, pp. 131-151.
- Wichelns, D., 2004**, The policy relevance of virtual water trade can be enhanced by considering comparative advantages, *Agricultural Water Management*, 66, pp. 49-63
- Yang, H., Zehnder A., 2002**, Water scarcity and food import: A case study for southern Mediterranean countries, *World Development*, 30(8), pp. 1413-1430.
- Yang, H., Reichert P., Abbaspour K.C., Zehnder A., 2003**, A water resources threshold and its implications for food security, In : Hoekstra A.Y. (eds), *Virtual Water Trade – Proceedings of the international expert meeting on virtual water trade*, Value of water research report series No 12, February 2003, IHE Delft, pp.111-117.